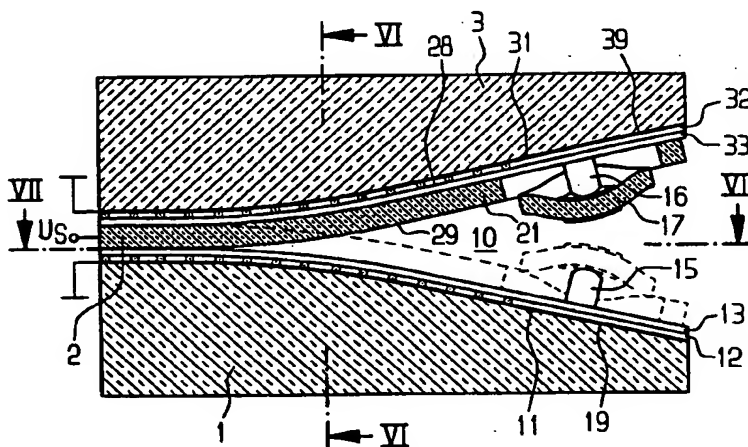




WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01H 59/00</b>		<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/43013</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	26. August 1999 (26.08.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03766		(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, IN, JP, KR, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 1998 (21.12.98)			
(30) Prioritätsdaten: 198 07 214.7 20. Februar 1998 (20.02.98) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS-AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHLAAK, Helmut [DE/DE]; Schwabstedter Weg 30 A, D-13503 Berlin (DE). HANKE, Martin [DE/DE]; Tarnowitzer Strasse 8, D-13125 Berlin (DE). HESSE, Susanna, Kim [DE/DE]; Berliner Strasse 135, D-13467 Berlin (DE). GEVATTER, Hans-Jürgen [DE/DE]; Kudowastrasse 16, D-14193 Berlin (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).			

**(54) Bezeichnung:** MIKROMECHANISCHES ELEKTROSTATISCHES RELAIS



**(57) Abstract**

The present invention relates to a micro-mechanical electrostatic relay comprising at least one base substrate (1) with a flat base electrode, as well as a rotor blade (21) which is stamped from the rotor substrate (2) and has a flat rotor electrode, wherein a wedge-shaped air gap (10) is formed between the base substrate (1) and said rotor blade. An electret layer (4) is further formed on one at least of the surfaces defining the air gap so as to obtain a switching characteristic providing for closing, opening or change-over.

#### (57) Zusammenfassung

Das mikromechanische elektrostatische Relais besitzt mindestens ein Basissubstrat (1) mit einer flächigen Basiselektrode sowie eine von einem Ankersubstrat (2) freigearbeitete Ankerzunge (21) mit einer flächigen Ankerelektrode, wobei zwischen dem Basissubstrat (1) und der Ankerzunge ein keilförmiger Luftspalt (10) gebildet ist. Zumindest auf einer der den Luftspalt bildenden Oberflächen ist zusätzlich eine Elektretschicht (4) ausgebildet, wodurch eine Schaltcharakteristik als Schließer, Öffner oder Umschalter erzielbar ist.

#### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

## Mikromechanisches elektrostatisches Relais

- 5 Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches elektrostatisches Relais mit
- einem Festkörper als Basissubstrat,
  - einer aus festem Material freigearbeiteten, flexiblen Ankerzunge, welche einseitig an dem Basissubstrat angebunden
  - 10 ist und mit diesem einen keilförmigen, sich zum offenen Ende hin stetig erweiternden Arbeitsluftspalt bildet,
  - einer auf dem Basissubstrat ausgebildeten, flächigen Basisselektrode,
  - einer auf der Ankerzunge ausgebildeten, der Basisselektrode
  - 15 flächig gegenüberstehenden Ankerelektrode,
  - mindestens einem auf dem Basissubstrat angeordneten feststehenden Kontakt und
  - mindestens einem auf der Ankerzunge angeordneten, dem feststehenden Kontakt gegenüberstehenden beweglichen Kontakt.
- 20 Ein derartiges mikromechanisches Relais ist grundsätzlich bereits in der DE 42 05 029 C1 beschrieben. Durch den keilförmigen Luftspalt zwischen der Basisselektrode und der Ankerelektrode ergibt sich beim Anlegen einer Spannung zwischen
- 25 beiden Elektroden ein Abrollen der Ankerzunge auf der Basisselektrode, wodurch der enge Abstand zwischen beiden Elektroden von der Einspannstelle bis zum freien, kontaktgebenden Ende hin weiterwandert (Wanderkeil-Prinzip). Auf diese Weise ist es möglich, einerseits mit einem ausreichenden Kontaktabstand
- 30 die Isolationsfestigkeit zwischen feststehendem Kontakt und beweglichem Kontakt im geöffneten Zustand sicherzustellen und andererseits mit verhältnismäßig geringer Schaltleistung den Anker elektrostatisch zum Ansprechen zu bringen. Allerdings sind bei einem derartigen, rein elektrostatischen Schaltprinzip
- 35 relativ hohe Schaltspannungen erforderlich; außerdem sind die erzielbaren Kontaktkräfte noch verhältnismäßig gering.

Darüber hinaus sind bei diesem Prinzip Öffnerkontakte bzw. Wechslerkontakte nur sehr schwer zu verwirklichen.

Aus der US 5 278 368 A ist ferner bereits ein elektrostatisches Relais bekannt, bei dem eine bewegliche Zunge zwischen zwei stationären Elektroden umschaltbar ist und wobei die stationären Elektroden zusätzlich mit Elektreten versehen sind. Allerdings sind dort die stationären Elektroden parallel zueinander mit verhältnismäßig großem Abstand zur beweglichen Zunge angeordnet, so daß diese sich in den jeweiligen Schaltstellungen nur unter einem spitzen Winkel an die Gegenelektroden anlegen und diese im wesentlichen nur punktförmig oder linienförmig berühren kann. Auch die Elektretschichten erstrecken sich jeweils nur über einen Teil der Länge der beweglichen Ankerzunge, wobei eine flächenhafte Berührung mit dieser nicht möglich erscheint.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein elektrostatisches Relais der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß mit relativ geringen Schaltspannungen ein verbessertes Schaltverhalten mit einer gewünschten Sprung-Schaltcharakteristik und mit ausreichend hohen Kontaktkräften erzielt wird. Dabei soll es möglich sein, eine gewünschte Schaltcharakteristik, wie Öffner, Schließer und Wechsler, einzustellen.

Erfindungsgemäß besitzt ein Relais zur Erreichung dieses Zieles den eingangs genannten Aufbau und darüber hinaus mindestens eine auf dem Basissubstrat oder der Ankerzunge angeordnete, in die Oberfläche des keilförmigen Arbeitsluftspaltes einbezogene Elektretschicht.

Durch die erfindungsgemäße Einbeziehung einer Elektretschicht in den keilförmigen Luftspalt läßt sich die Schaltcharakteristik des Relais sehr gut auf den jeweiligen Anwendungsfall einstellen. Da die Elektretschicht sich bis in die Spitze des keilförmigen Luftspaltes hineinerstreckt, werden die elektrischen Ladungen des Elektrets bereits von Beginn der Schaltbe-

wegung an zugleich mit dem Anlagen der Steuerspannung wirksam, so daß die Steuerspannung selbst entsprechend geringer sein kann. Je nach der vorgesehenen elektrischen Ladungsdichte der Elektretschicht kann die Charakteristik des Relais unterschiedlich gewählt werden. So kann diese Ladungsdichte so hoch gewählt werden, daß bereits ohne Ansteuerung die Anziehungskraft des Elektrets die mechanische Vorspannungskraft der Ankerzunge übersteigt, mit der diese aufgrund ihrer Grundform vom Basissubstrat weg vorgespannt ist. In diesem Fall legt sich also die Ankerzunge im Ruhezustand an das Basissubstrat an, und es wird ein Öffnerkontakt gebildet. Ist dagegen bei geringerer Ladungsdichte diese Anziehungskraft geringer als die Vorspannungskraft, so entsteht ein Schließer. In diesen Fällen, wenn also lediglich ein Basissubstrat mit einer Ankerzunge vorgesehen ist, kann die Elektretschicht wahlweise auf dem Basissubstrat bzw. der Basiselektrode oder auf der Ankerzunge bzw. der Ankerelektrode angeordnet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird man allerdings ein zusätzliches Deckelsubstrat über dem Basissubstrat so anordnen, daß diese beiden feststehenden Substrate einen keilförmigen Luftspalt bilden, in welchem dann die Ankerzunge schwenkbar angeordnet ist und sich wahlweise an die Basiselektrode bzw. an die Deckelelektrode anlegt. In diesem Fall ist auf dem Basissubstrat und auf dem Deckelsubstrat jeweils eine Elektretschicht vorgesehen, wobei diese Elektretschichten Ladungen mit unterschiedlichen Vorzeichen tragen. Auch in diesem Fall läßt sich die Charakteristik durch die Abstimmung der Ladungsdichten in beiden Elektretschichten einstellen. Wenn die Ladungen unterschiedlichen Vorzeichens in beiden Elektretschichten ihren Absolutwerten nach gleich sind, ihre Summe also Null ergibt, so läßt sich auf diese Weise eine bistabile oder bei entsprechender Feinabstimmung auch eine tristabile Schaltcharakteristik erzielen. Andererseits läßt sich durch unterschiedliche Ladungsdichten in den beiden Elektretschichten ein monostabiles Schaltverhalten erzielen.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist die Luftspaltoberfläche des Basissubstrats und gegebenenfalls des Deckelsubstrats jeweils so gekrümmt, daß im Bereich der Einspannung der Ankerzunge die größte Krümmung auftritt und daß  
5 der Abstand zwischen der Basiselektrode und der Ankerzunge bzw. zwischen der Basiselektrode und der Deckelektrode von der Einspannstelle der Ankerzunge zu deren freiem Ende hin stetig größer wird.

10 Als Werkstoff für das Basis- und das Deckelsubstrat sowie für die Ankerzunge wird vorzugsweise Silizium oder ein kristallines Material mit ähnlichen Eigenschaften verwendet. Für die Ankerzunge kommen neben dem kristallinen Silizium auch Polysilizium, Metalle und auch in der Mikromechanik verarbeitbare  
15 Kunststoffe - mit Metallbeschichtung - in Betracht. In diesem Fall besteht die Elektretschicht vorzugsweise aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) oder aus einer Siliziumdioxid/Siliziumnitrat ( $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ )-Verbundstruktur. Die Oberflächenladungsdichten in den Elektretschichten können zwischen  
20  $10^{-4}$  und  $10^{-3}$ , eventuell auch  $10^{-2}$ ,  $\text{C/m}^2$  liegen.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines oder mehrerer Relais der eingangs genannten Art besteht darin, daß in einem kristallinen Basissubstrat durch Abtragung der Oberfläche ein der gewünschten keilförmigen Luftspaltoberfläche  
25 entsprechendes Profil erzeugt und durch selektive Beschichtung und Strukturierung mindestens eine Isolationsschicht, eine Metallschicht zur Bildung der Basiselektrode und mindestens einer Lastkreiszuführung, eine mit elektrischen Ladungen versehene Isolationsschicht als Elektretschicht sowie  
30 mindestens ein Kontaktstück ausgebildet werden, daß auf der Unterseite eines Ankersubstrats durch selektive Beschichtung und Strukturierung mindestens eine Isolationsschicht, eine Metallschicht zur Bildung einer Ankerelektrode und mindestens  
35 eines beweglichen Kontaktelementes sowie eine Oberflächen-Isolationsschicht erzeugt werden, daß das Ankersubstrat mit seiner strukturierten Unterseite auf die strukturierte Ober-

seite des Basissubstrats gebondet sowie bis auf eine gewünschte Ankerdicke abgetragen wird und daß dann die Kontur der Ankerzunge von drei Seiten her freigelegt wird. Vorzugsweise wird außerdem ein Deckelsubstrat in analoger Weise wie  
5 das Basissubstrat beschichtet und strukturiert und dann mit seiner strukturierten Seite auf das Ankersubstrat gebondet.

Für die einzelnen Herstellungsschritte des Relais finden gleiche oder ähnliche Ätz-, Beschichtungs-, Strukturierungs-  
10 und Dotierungsverfahren Anwendung, wie sie auch in der Halbleitertechnik bzw. sonst in der Mikromechanik verwendet werden. Die gekrümmten Profile für die Luftspaltoberflächen des Basissubstrats und gegebenenfalls des Deckelsubstrats werden vorzugsweise mittels Grauton-Lithografie oder Opfermasken-  
15 technik gewonnen.

Da bei einer derartigen Herstellungsweise in der Regel eine Vielzahl von gleichen Systemen auf einem Silizium-Wafer in Vielfachanordnung gewonnen werden (Nutzen-Fertigung), kann es  
20 von Vorteil sein, die einzelnen Relaissysteme nach der Herstellung nicht voneinander zu trennen, sondern in der Vielfachanordnung zu belassen und beispielsweise in einem gemeinsamen Gehäuse unterzubringen. Dabei können die einzelnen Relaissysteme durch geeignete Wahl der Anschlußelemente einzeln  
25 oder parallel angesteuert werden.

In den Unteransprüchen sind weitere Ausgestaltungen genannt.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen  
30 Figuren 1 bis 4 verschiedene Ausgestaltungen eines Schließer- bzw. Öffner-Relais in jeweils zwei Schaltzuständen in schematischer Schnitt-Darstellung,  
Figur 5 eine Wechsleranordnung in schematischer Schnitt-Darstellung,  
35 Figur 6 einen Schnitt VI-VI aus Figur 5,

- Figur 7 eine Ansicht VII-VII von oben auf das Basissubstrat von Figur 5, mit angedeuteter Kontur der Ankerzunge, Figur 8 eine Ansicht von oben auf eine Ausführungsform der Ankerzunge mit Einfachkontakt,
- 5 Figur 9 eine Ansicht von oben auf eine Ankerzunge mit Brückenkontakt,
- Figuren 10A bis 10E eine schematische Schnittdarstellung eines Basissubstrats in verschiedenen Verfahrensschritten der Herstellung,
- 10 Figuren 11A bis 11H in schematischer Schnittdarstellung die Herstellung einer (bzw. zweier) Ankerzunge(n) in mehreren Verfahrensschritten, die Verbindung mit einem Basissubstrat und das Aufbringen eines zusätzlichen Deckelsubstrats,
- Figur 12 eine perspektivische Darstellung einer Relais-
- 15 Vielfachanordnung mit einem gemeinsamen Basissubstrat, einer Vielzahl von zusammenhängenden Ankerzungen und einem gemeinsamen Deckelsubstrat und
- Figuren 13 bis 15 verschiedene Weg-Spannungs-Kennlinien für ein erfindungsgemäßes Relais.
- 20
- In den Figuren 1 bis 4 sind verschiedene Ausführungsformen eines einfachen Schließer/Öffnerrelais mit Elektret dargestellt, bei denen also jeweils nur ein Basissubstrat 1 und ein Ankersubstrat 2 mit einer Ankerzunge 21 vorgesehen sind.
- 25 Zwischen dem Basissubstrat 1 und der Ankerzunge 21 ist ein keilförmiger Luftspalt 10 gebildet, an dessen offenem Ende das Basissubstrat 1 einen feststehenden Kontakt 5 und die Ankerzunge 21 einen beweglichen Kontakt 6 tragen. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß sowohl das Basissubstrat 1
- 30 als auch die Ankerzunge 21 als Elektroden ausgebildet sind, zwischen denen über entsprechende Anschlüsse eine Steuerspannung  $U_s$  angelegt werden kann. Außerdem ist auf einer der Luftspaltoberflächen eine Elektretschicht 4 vorgesehen, also eine isolierende Schicht mit ortsfest eingelagerten elektrischen Ladungen.
- 35



Der Luftspalt 10 ist durch die Grundform des Basissubstrats und der Ankerzunge vorgegeben, wobei entweder gemäß den Figuren 1A und 2A das Basissubstrat eine ebene Oberfläche 11 aufweist und die Ankerzunge von der Ebene weg nach oben gekrümmt ist oder gemäß den Figuren 3A und 4A das Basissubstrat eine gekrümmte Oberfläche 12 besitzt und die Ankerzunge eine ebene Grundform aufweist. Die Elektretschicht 4 kann in diesen Beispielen der Figuren 1 bis 4, die jeweils nur einen einfachen Schließer oder Öffner darstellen, wahlweise auf der Oberfläche 11 des Basissubstrats 1 oder auf der dem Basissubstrat zugewandten Oberfläche der Ankerzunge 21 angeordnet sein. Je nach der elektrischen Ladungsdichte in der Elektretschicht 4 im Vergleich zu der mechanischen Vorspannung der Ankerzunge 21 gegenüber dem Basissubstrat ergeben sich unterschiedliche Schaltcharakteristiken:

Die Figuren 1A, 2A, 3A und 4A zeigen jeweils einen Schaltzustand mit offenem Luftspalt 10, während die Figuren 1B, 2B, 3B und 4B den Zustand mit geschlossenem Luftspalt, also mit angezogener Ankerzunge 21, zeigen. Nimmt man dabei an, daß die Ladungsdichte in der Elektretschicht 4 nicht ausreicht, um die Ankerzunge 21 ohne Steuerspannung  $U_s$  anzuziehen, so handelt es sich jeweils um ein Schließer-Relais. In diesem Fall stellen die Figuren 1A bis 4A den unerregten Zustand mit offenen Kontakten dar, während die Figuren 1B bis 4B den Erregungszustand nach Anlegen einer Steuerspannung  $U_s$  zeigen. Das Anlegen der Steuerspannung  $U_s$  bewirkt also dann das Schließen des Stromkreises zwischen den Kontakten 5 und 6.

Ist jedoch die Ladungsdichte in der Elektretschicht 4 so hoch, daß die Ankerzunge 21 bereits ohne Steuerspannung an das Basissubstrat 1 angezogen wird, so zeigen die Figuren 1B bis 4B den Ruhezustand mit geschlossenen Kontakten 5 und 6. In diesem Fall eines Öffner-Relais muß zur Kontaktöffnung eine Steuerspannung  $U_s$  zwischen Basissubstrat 1 und Ankerzunge 21 angelegt werden, die zur Ladung der Elektretschicht 4 entgegengesetzt gepolt und größer als diese ist, so daß die An-

zugskraft der Elektretschicht überwunden und der Kontakt geöffnet wird. In diesem Fall des Öffnerrelais zeigen also die Figuren 1A bis 4A den Erregungszustand des Relais.

5 Die bevorzugte Ausführungsform für das erfindungsgemäße Relais ist allerdings nicht das einfache Schließer- oder Öffnerrelais, sondern das Wechslerrelais, welches schematisch in Figur 5 gezeigt ist. In diesem Fall ist zusätzlich zu dem Basissubstrat 1 und dem Ankersubstrat 2 mit der Ankerzunge 21  
10 ein Deckelsubstrat 3 so vorgesehen, daß der keilförmige Luftspalt 10 zwischen dem Basissubstrat und dem Deckelsubstrat gebildet wird und die Ankerzunge zwischen diesen beiden Substraten eingeschlossen ist. Das Deckelsubstrat 3 ist vorzugsweise identisch mit dem Basissubstrat 1 gestaltet  
15 und um 180° gedreht auf dieses unter Zwischenfügung eines Ankersubstrats 2 aufgesetzt. Die dem Luftspalt 10 zugekehrten Oberflächen 11 des Basissubstrats und 31 des Deckelsubstrats sind - ebenso wie im Fall der vorher beschriebenen Figuren 3 und 4 - so gekrümmt, daß sie ihre größte Krümmung im Bereich  
20 des spitz zulaufenden inneren Luftspaltendes besitzen, während diese Krümmung zum offenen Ende des Luftspaltes hin stetig flacher wird, wobei der Luftspalt insgesamt jedoch zum offenen Ende hin sich stetig vergrößert. Entsprechend der Ladungsdichte in den beiden Elektretschichten 12 und 32 kann  
25 sich die Ankerzunge 21 wahlweise an die Oberfläche des Deckelsubstrates 3 oder an die Oberfläche des Basissubstrates 1 (in Figur 5 gepunktet angedeutet) anschmiegen.

Grundsätzlich könnten die Substrate 1 und 3 mit entsprechender Dotierung selbst als Basis- bzw. Deckelelektrode fungieren; ebenso könnte das Ankersubstrat 2 bzw. die Ankerzunge 21  
30 unmittelbar die Ankerelektrode bilden. Vorzugsweise wird man jedoch auf der Basisoberfläche eine Basiselektrode 19, auf der Deckeloberfläche eine Deckelelektrode 39 und auf den jeweiligen Oberflächen der Ankerzunge 21 metallische Anker-  
35 elektroden 28 bzw. 29 vorsehen. Die Metallschichten zur Bildung der Elektroden können dann durch entsprechende Struktu-

rierung auch von den Elektroden isolierte Zuführungsleitungen für den Laststromkreis bilden. Wie sich aus der Figur 5 und den Figuren 6 und 7 erkennen läßt, sind auf der jeweiligen Elektretschicht 12 bzw. 32 Abstandsstege 13 bzw. 33 ausgebildet, welche keine elektrische Ladungen tragen und sich in Längsrichtung der Ankerzunge 21 erstrecken. Mit diesen Abstandsstegen 13 bzw. 33 vermeidet man großflächige Entladungserscheinungen bei der mechanischen Berührung zwischen der Ankerzunge und der jeweiligen Elektretschicht durch Minimierung der Berührungsfläche. Außerdem wird die viskose Dämpfung bei der Schaltbewegung vermindert, also der sog. Luftpumpeneffekt ausgeschaltet.

In einer weiteren Ausgestaltung sind außerhalb des Elektrodenbereiches auf der Oberfläche des Basissubstrats wie auch des Deckelsubstrats zusätzliche Elektretbereiche mit hoher Ladungsdichte vorgesehen, mit denen Ionen neutralisiert werden, die bei Entladungserscheinungen während des Öffnens der Kontakte entstehen können. Figur 7 zeigt solche Elektretbereiche 7, welche den Bereich der Basis-Elektretschicht 12 teilweise rahmenförmig umgeben. Wie in Figur 7 weiter zu sehen ist, besitzt die Basis-Elektretschicht 12 einen den Kontakt 15 annähernd kreisförmig umgebenden Bereich, der keine Ladungen trägt. Dieser Bereich ist mit einer Begrenzungslinie 14 gezeigt. Außerdem ist in Figur 7 gestrichelt die Kontur der Ankerzunge 21 mit dem Kontaktbereich eingezeichnet. Diese spezielle Kontur wird später noch erläutert.

Figur 7 zeigt demnach drei unterschiedlich aufgeladene Bereiche der Elektretschicht, nämlich die rahmenförmig angeordneten, hochaufgeladenen Elektretbereiche 7, die eigentliche Elektretschicht 12 mit einer definierten Ladungsdichte zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-3}$  bzw.  $10^{-2}$  C/m<sup>2</sup> und den von der annähernd kreisförmigen Linie 14 abgegrenzten Kontaktbereich, der keine Oberflächenladungen trägt.

- Das Kontaktsystem des Wechslerrelais besteht gemäß Figur 5 aus einem Basis-Festkontakt 15, einem Deckel-Festkontakt 16 und einem beweglichen Mittelkontakt 17, der auf der Ankerzunge 21 angeordnet ist. Die Ankerzunge 21 ist in Figur 8 in Draufsicht dargestellt. Dabei sind leitende Bereiche dunkel eingefärbt (die ebenfalls leitende Elektrodenschicht der Ankerzunge ist nicht gezeigt). Wie in Figur 8 weiter zu sehen ist, ist der bewegliche Kontaktbereich 28 mit dem Mittelkontakt 17 durch spiralförmig bzw. sonnenradförmig ineinandergreifende Schlitze 22 über bewegliche Stege 27 in der Ankerzunge 21 aufgehängt, so daß er bei der Kontaktgabe jeweils aus der Ebene der Ankerzunge heraus bewegbar ist und auf diese Weise die gewünschte Kontaktkraft erhält. Eine derartige Gestaltung einer Ankerzunge mit beweglich aufgehängtem Kontakt ist bereits in der DE 44 37 259 C1 beschrieben. Der Kontakt ist über eine Leiterbahn 24 mit einem nicht dargestellten Anschluß im Bereich der Einspannstelle der Ankerzunge 21 verbunden.
- Anstelle der in Figur 8 dargestellten Sonnenradgestaltung für die Kontaktaufhängung sind auch andere Möglichkeiten denkbar. So ist in Figur 9 eine Torsionsbandaufhängung gezeigt. In diesem Fall ist ein Brückenkontakt 24 über Torsionsbänder 25 aufgehängt, die ihrerseits durch entsprechend gestaltete Schlitze 26 von der eigentlichen Ankerzunge getrennt sind. Mit derartigen Strukturen erreicht man eine sichere, großflächige Kontaktgabe mit lateraler Relativbewegung der Kontaktstücke beim Schließen und Öffnen, wodurch man auch einen Selbstreinigungseffekt erzielt.
- In den Figuren 10 und 11 sind die wesentlichen Herstellungsschritte für ein Relais gemäß Figur 5 gezeigt. Dargestellt ist jeweils ein Längsschnitt durch das jeweilige Substrat, wobei lediglich die wichtigsten Prozeßschritte aufgeführt werden. So wird beispielsweise nicht auf Zwischenschritte wie Maskieren oder Aufbringen von fertigungstechnisch notwendigen Zusatzschichten mit Haftvermittlern, Diffusionssperren usw.

eingegangen. Derartige Verfahrensschritte sind den Fachleuten in der Bearbeitung von Siliziumwafern oder dergleichen Substraten in der Halbleitertechnik bzw. in der mikromechanischen Verfahrenstechnik bekannt.

5

Figur 10A zeigt grundsätzlich einen Schnitt durch ein Siliziumsubstrat 100, welches als Ausgangssubstrat für ein Basis-  
substrat 1 oder ein Deckelsubstrat 3 dient. Dieses Substrat 100 wird zunächst oberflächlich abgetragen, um die für den  
10 keilförmigen Arbeitsluftspalt erforderliche gekrümmte Oberfläche 101 zu erhalten. Wie aus Figur 10B ersichtlich ist, werden aus fertigungstechnischen Gründen jeweils zwei spiegelverkehrt angeordnete Substratsysteme gleichzeitig gefertigt, nämlich eine Elektrodenoberfläche 101A in der linken  
15 Hälfte des Substrats und eine gespiegelte Elektrodenoberfläche 101b in der rechten Hälfte des Substrats. Die Erzeugung dieses Basiselektrodenprofils erfolgt vorzugsweise mittels Grauton-Lithografie; denkbar wären aber auch andere Bearbeitungsverfahren, etwa die Opferschichttechnik oder andere Ätzverfahren aus der Halbleiterbearbeitung.  
20

Danach werden nacheinander die in Figur 10C fertig gezeigten Schichten aufgebracht, nämlich eine Isolationsschicht 102, eine Metallschicht 103, welche zur Bildung einer Antriebselektrode und gegebenenfalls von Lastkreiszuführungen strukturiert wird, und eine Isolationsschicht 104 für die Elektretflächen, welche ebenfalls entsprechend strukturiert wird.  
25 Dann wird gemäß Figur 10D eine weitere Isolationsschicht 105 aufgebracht und zur Bildung der Abstandsstege 13 bzw. 33 (Figur 5) strukturiert. Schließlich werden auf der Metallschicht 103 durch galvanisches Verstärken feststehende Kontaktstücke 106 ausgebildet. Außerdem werden durch strukturiertes Aufladen der Isolationsschicht 104 mit elektrischen Ladungen 107 die gewünschten Elektretschichten (siehe Figur  
30 7) gebildet. Dabei wird beispielsweise im Bereich der eigentlichen Elektretschichten ein Potential von ca.  $\pm 10$  bis

± 50 V, gebildet, während im äußeren Absaugbereich der rahmenförmigen Elektretflächen 7 ein Potential von ca. ± 100 bis ± 300 V erzeugt wird.

5 In Figur 11 ist schematisch die weitere Gewinnung einer Ankerelektrode und deren Verbindung mit einer Basiselektrode und einer Deckelelektrode dargestellt. Dabei wird zunächst ein plattenförmiges Ankersubstrat 200 auf der Waferunterseite mit einer Isolationsschicht 201 versehen, und auf dieser Iso-  
10 lationsschicht wird eine Metallschicht 202 aufgebracht und zur Bildung einer Ankerelektrode und gegebenenfalls von Lastkreiszu-  
führungen strukturiert. Danach wird eine weitere Isolationsschicht 203 aufgebracht und strukturiert, wie dies in Figur 11A gezeigt ist. Durch galvanisches Verstärken werden  
15 gemäß Figur 11B auf der Metallschicht 202 bewegliche Kontakte 204 ausgebildet.

Das so gewonnene und strukturierte Ankersubstrat 200 wird auf ein Basissubstrat 100, das gemäß Figur 10E gestaltet ist, an-  
20 odisch oder eutektisch oder auf andere Weise gebondet (Figur 11C). Danach wird gemäß Figur 11D das Ankersubstrat bis auf eine gewünschte Dicke der Ankerzunge 21 abgeätzt. Eine solche Dicke liegt beispielsweise in der Größenordnung von 10 µm. Die so gewonnene Ankerzungenschicht 210 könnte nun, falls le-  
25 diglich ein Öffner oder Schließer gemäß Figuren 3 und 4 erzeugt werden soll, in der Mitte im Bereich 211 getrennt werden, so daß zwei in Klammern bezeichnete, spiegelverkehrt angeordnete Ankerzungen 21 gewonnen würden.

30 Zur Gewinnung eines Wechslerrelais gemäß Figur 5 wird jedoch die Oberseite der Ankerzungenschicht 210 weiter strukturiert, nämlich durch Aufbringen einer weiteren Isolationsschicht 205, durch Aufbringen und Strukturieren einer Metallschicht 206 für eine weitere Antriebselektrode und gegebenenfalls für  
35 Lastkreiszu-  
führungen sowie durch Aufbringen und Strukturieren einer weiteren Isolationsschicht 207 (Figur 11E). Danach werden durch galvanisches Verstärken der Metallschicht 206 be-

wegliche Kontaktstücke 208 ausgebildet (Figur 11F), und schließlich werden zwei Ankerzungen 21 durch lateral strukturiertes, dreiseitiges Freilegen gewonnen, wie dies in Figur 11G gezeigt ist. Schließlich wird ein Deckelsubstrat 300, das wie das Basissubstrat 100 gemäß Figur 10E gestaltet ist, von oben mit der strukturierten Oberfläche nach unten auf das Ankersubstrat 200 gebondet. Auf diese Weise ist gemäß Figur 11H ein Relais mit zwei einander gegenüberstehenden Ankerzungen 21 gebildet, wobei die Basis-Festkontakte 15 und die Deckel-Festkontakte 16 beider Systeme über die Metallschichten 103 zusammenhängen. Sollen die Systeme getrennt schaltbar sein, so wären im Fertigungsverlauf diese Schichten entsprechend voneinander zu trennen bzw. zu isolieren.

In der Praxis erfolgt die Bearbeitung der einzelnen Substrate nicht nur mit zwei Ankerzungen gemäß Figuren 10 und 11, sondern im Vielfach, so daß eine Matrixanordnung mit einer Vielzahl von Relaissystemen gewonnen wird. Ein derartiges-Vielfach ist in Figur 12 gezeigt, wobei ein gemeinsames Basis-substrat 100 und ein gemeinsames Deckelsubstrat 300 ein Ankersubstrat 200 mit einer Vielzahl von Ankerzungen 21 einschließen. Die einzelnen Schalteinheiten mit jeweils einer Ankerzunge 21 können dabei durch entsprechende Gestaltung der Zuführungsbahnen getrennt oder parallel angesteuert und geschaltet werden.

In den Figuren 13 bis 15 sind Weg-Spannungskennlinien für die drei in Betracht kommenden Schaltungscharakteristiken dargestellt. Es ist jeweils über einer Ansteuerspannung  $U$  die Auslenkung  $s$  der Ankerzunge dargestellt. Dabei ergibt sich jeweils eine geschlossene Hystereseschleife. Die Figur 13 zeigt die Kennlinien für einen bistabilen Wechsler. Dabei wird bei einer Spannung  $-U_1$  ein erster Kontakt mit der Auslenkung  $+s_1$  geschlossen. Durch entsprechende Aufladung des Elektrets wird die Ankerzunge in dieser Position festgehalten, auch wenn die Spannung abgeschaltet wird. Erst bei einer positiven Spannung

+U1 wird die Ankerzunge umgeschaltet, so daß ein zweiter Kontakt mit der Federauslenkung -s1 geschlossen wird.

Figur 14 zeigt die Kennlinie eines monostabilen Wechslers. Im  
5 unerregten Zustand wird die Ankerzunge durch die Elektret-  
schicht nach einer Seite mit der Federauslenkung +s1 ausge-  
lenkt und festgehalten, so daß ein entsprechender Ruhekontakt  
geschlossen ist. Erst bei einer Spannung U2 wird die Anker-  
zunge umgeschaltet, so daß mit der Auslenkung -s1 ein Ar-  
10 beitskontakt geschlossen wird. Nach Absenken der Erregerspan-  
nung auf den Wert U3 überwiegt die Anziehungskraft des gegen-  
überliegenden Elektrets, so daß die Ankerzunge umgeschaltet  
und der Ruhekontakt wieder geschlossen wird.

15 Figur 15 zeigt einen Dreipunktschalter. In diesem Fall nimmt  
die Ankerzunge bei Fehlen einer Erregung immer eine mittlere  
Ruhelage (Nullage) ein, bei der keiner der Kontakte geschlos-  
sen ist. Bei Anlegen einer positiven Spannung U4 wird ein er-  
ster Kontakt geschlossen (mit der Federauslenkung -s1). Diese  
20 Schaltstellung ist aber nicht stabil, sondern bei Absinken  
der Spannung auf den Wert +U5 kehrt die Ankerzunge in die  
Nullage zurück. Bei einer negativen Erregerspannung -U6 wird  
ein zweiter Kontakt bei der Federauslenkung +s1 geschlossen,  
der sich bei Absinken der negativen Spannung auf den Wert -U7  
25 wieder öffnet. Es wird so ein Dreipunktschalter mit zwei ge-  
trennten Schließerkontakten und einer Nullage geschaffen.

Das einzelne Relaisystem oder die Relais-Vielfachanordnung  
wird in üblicher Weise in einem Gehäuse untergebracht, das  
30 nicht eigens dargestellt ist. Ein solches Gehäuse wird vor-  
zugsweise hermetisch dicht abgeschlossen und beispielsweise  
evakuiert oder mit einem Schutzgas (N<sub>2</sub> oder SF<sub>6</sub>) gefüllt.  
Ferner ist es zweckmäßig, das Gehäuse zum Zwecke einer elek-  
trostatischen Abschirmung aus Metall herzustellen.

35

Alle Darstellungen in den Ausführungsbeispielen sind stark  
vergrößert, wobei die Größenverhältnisse nicht in allen Fäl-



len maßstäblich sind; insbesondere sind einige Schichtdicken der Anschaulichkeit halber übertrieben gezeichnet. Typische Abmessungen einer Ankerzunge sind beispielsweise:

Länge	1500 - 2000 $\mu\text{m}$
5 Breite	ca. 1000 $\mu\text{m}$
Dicke	10 $\mu\text{m}$ .

## Patentansprüche

1. Mikromechanisches elektrostatisches Relais mit
- einem Festkörper als Basissubstrat (1),
  - 5 - einer aus festem Material freigearbeiteten, flexiblen Ankerzunge (21), welche einseitig an dem Basissubstrat (1) angebunden ist und mit diesem einen keilförmigen, sich zum offenen Ende hin stetig erweiternden Arbeitsluftspalt (10) bildet,
  - 10 - einer auf dem Basissubstrat (1) ausgebildeten, flächigen Basiselektrode (19),
  - einer auf der Ankerzunge (21) ausgebildeten, der Basiselektrode (19) flächig gegenüberstehenden Ankerelektrode (28,29),
  - 15 - mindestens einem auf dem Basissubstrat (1) angeordneten feststehenden Kontakt (5;15), und
  - mindestens einem auf der Ankerzunge (21) angeordneten, dem feststehenden Kontakt (5;15) gegenüberstehenden beweglichen Kontakt (6;17)
  - 20 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
  - mindestens eine auf dem Basissubstrat (1) oder der Ankerzunge (21) angeordnete, in die Oberfläche des keilförmigen Arbeitsluftspaltes einbezogene Elektretschiicht (4;12;32).
- 25 2. Relais nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Basis-  
substrat (1) eine ebene Oberfläche (11) aufweist und daß die  
Ankerzunge (21) von dem Basissubstrat (1) weg in einer stetig  
gekrümmten Grundform vorgespannt ist.
- 30 3. Relais nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Anker-  
zunge (21) eine ebene Grundform besitzt und daß das Basis-  
substrat (1) eine von der Ankerzunge (21) weg stetig gekrümm-  
35 te Oberfläche (11) aufweist.

4. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die elek-  
trischen Ladungen der Elektretschicht (4) eine Anzugskraft  
zwischen dem Basissubstrat (1) und der Ankerzunge (21) erzeu-  
5 gen, die geringer ist als die von dem Basissubstrat (1) weg-  
gerichtete Vorspannungskraft der Ankerzunge (21), so daß ein  
Schließerkontakt gebildet wird,

5. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die elek-  
trischen Ladungen der Elektretschicht (4) eine Anzugskraft  
zwischen dem Basissubstrat (1) und der Ankerzunge (21) erzeu-  
gen, die größer ist als die von dem Basissubstrat weggerich-  
tete Vorspannungskraft der Ankerzunge (21), so daß ein Öff-  
15 nerkontakt gebildet wird.

6. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zusätzlich  
ein Deckelsubstrat (3) über dem Basissubstrat (1) unter Bil-  
20 dung eines stetig keilförmigen Luftspaltes (10) angeordnet  
ist und eine der Ankerelektrode (28,29) flächig gegenüberste-  
hende Deckelelektrode (39) trägt,  
daß die Ankerzunge (21) zwischen den beiden Substraten (1,3)  
eingespannt ist und sich in einer ersten Schaltstellung an  
25 das Deckelsubstrat (3) und einer zweiten Schaltstellung an  
das Basissubstrat (1) anzulegen vermag und  
daß auf dem Basissubstrat (1) und dem Deckelsubstrat (3) je-  
weils eine Elektretschicht (12;32) mit Ladungen von jeweils  
unterschiedlicher Polarität angeordnet ist.

30

7. Relais nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Summe  
der elektrischen Ladungen in beiden Elektretschichten (12,32)  
dem Betrag nach gleich ist.

35

8. Relais nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Summe  
der elektrischen Ladungen in beiden Elektretschichten (12,32)  
dem Betrag nach unterschiedlich ist.

5

9. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die den  
keilförmigen Luftspalt (10) zwischen dem Basissubstrat (1),  
der Ankerzunge (21) und gegebenenfalls dem Deckelsubstrat (3)  
10 bildenden gekrümmten Oberflächen jeweils in der Nähe der Ein-  
spannung der Ankerzunge (21) einen Bereich größter Krümmung  
aufweisen.

10. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß jede Elek-  
trettschicht (4;12;32) jeweils durch eine isolierende Molekül-  
verbindung ihres jeweiligen Trägersubstrats (1;21;3) gebildet  
ist.

20 11. Relais nach Anspruch 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Basis-  
substrat (1) und/oder die Ankerzunge (21) und/oder gegebenen-  
falls das Deckelsubstrat (3) aus Silizium bestehen und daß  
die Elektrettschicht (4;12,32) jeweils ganz oder teilweise aus  
25 Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) gebildet ist.

12. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die jewei-  
lige Elektrettschicht (12,32) aus ihrer Oberfläche hervortre-  
tende, in Längsrichtung der Ankerzunge verlaufende, ladungs-  
30 freie Abstandsstege (13,33) aufweist.

13. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zumindest  
35 eines der Substrate (1,3) jeweils seitlich neben den Elektro-  
den (19,39) hochaufgeladene Elektretbereiche (7) aufweist.

14. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Anker-  
zunge (21) im Bereich ihres beweglichen Endabschnittes minde-  
stens einen, den beweglichen Kontakt (17) tragenden, über  
5 flexible Bänder (25;27) aus der Ankerebene heraus elastisch  
bewegbaren Kontaktabschnitt (24,28) aufweist.

15. Relais nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Anker-  
10 zunge (21) einen beweglichen Kontakt (17) trägt, der über ei-  
ne Leiterbahn (23) mit einem Lastanschluß verbunden ist und  
mit je einem ortsfesten Gegenkontakt (15,16) des Basis-  
substrats (1) und/oder des Deckelsubstrats (3) zusammenwirkt.

15 16. Relais nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Anker-  
zunge einen beweglichen Brückenkontakt (24) ohne Lastanschluß  
trägt, der mit jeweils zwei ortsfesten Gegenkontakten (15)  
des Basissubstrats (1) und/oder des Deckelsubstrats (3) zu-  
20 sammenwirkt.

17. Anordnung einer Mehrzahl von Relais nach einem der An-  
sprüche 1 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß alle Relais  
25 zumindest über ihre Basissubstrate (1) an einem einstückigen  
Trägersubstrat (199) in Vielfach-Anordnung zusammenhängen.

18. Anordnung nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß auf dem  
30 Trägersubstrat (100) Steuerleitungen für jedes einzelne Re-  
lais vorgesehen sind.

19. Anordnung nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß auf dem  
35 Trägersubstrat (100) Ansteuerleitungen zur parallelen An-  
steuerung mehrerer Relais vorgesehen sind.

20. Anordnung nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem metallischen Abschirmgehäuse angeordnet ist.

5 21. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, daß es einzeln oder in einer Mehrfachanordnung in einem mit Schutzgas gefülltem Gehäuse angeordnet ist.

10 22. Verfahren zur Herstellung eines oder mehrerer Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
in einem kristallinen Basissubstrat (100) durch Abtragung der  
Oberfläche ein dem gewünschten keilförmigen Luftspalt ent-  
15 sprechendes Profil erzeugt und durch selektive Beschichtung und Strukturierung mindestens eine Isolationsschicht (102),  
eine Metallschicht (103) zur Bildung der Basiselektrode und  
mindestens einer Lastkreiszuführung, eine mit elektrischen  
Ladungen versehene Isolationsschicht (104) als Elektret-  
20 schicht sowie mindestens ein Kontaktstück (106) ausgebildet werden,  
daß auf der Unterseite eines Ankersubstrats (200) durch selektive Beschichtung und Strukturierung mindestens eine Isolationsschicht (201), eine Metallschicht (202) zur Bildung  
25 einer Ankerelektrode und mindestens eines beweglichen Kontaktelementes sowie eine Oberflächen-Isolationsschicht (203) erzeugt werden,  
daß das Ankersubstrat (200) mit seiner strukturierten Unterseite auf die strukturierte Oberseite des Basissubstrats  
30 (100) gebondet sowie bis auf eine gewünschte Ankerdicke abgetragen wird und daß dann die Kontur des Ankers von drei Seiten her freigelegt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 20,  
35 dadurch gekennzeichnet, daß ein kristallines Deckelsubstrat (300) in analoger Weise wie das Basissubstrat (100) beschichtet und strukturiert wird und daß

dieses Deckelsubstrat (300) mit seiner strukturierten Seite auf das Ankersubstrat (200) gebondet wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die gekrümmte Luftspaltoberfläche des Basissubstrats (1) und/oder des Deckelsubstrats (3) durch Grauton-Lithografie erzeugt wird.

1/9

FIG 1 A

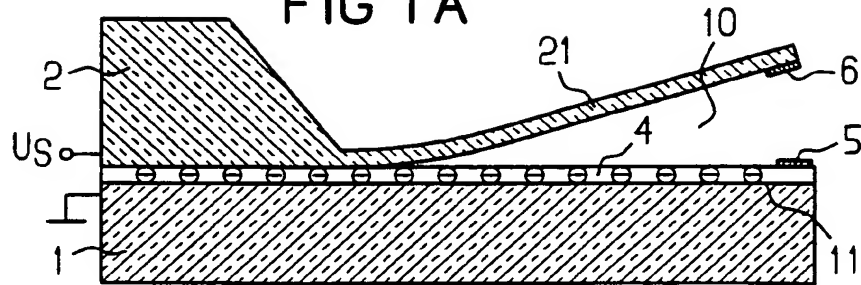


FIG 1B

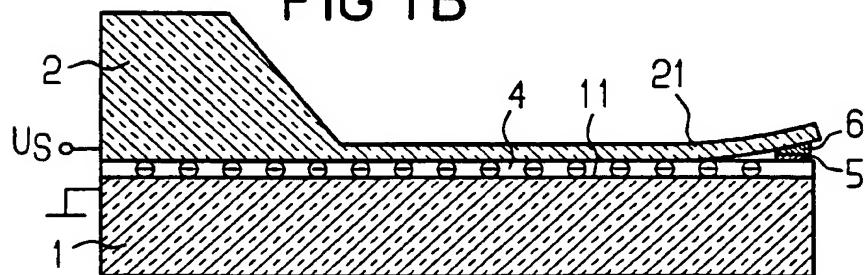


FIG 2A

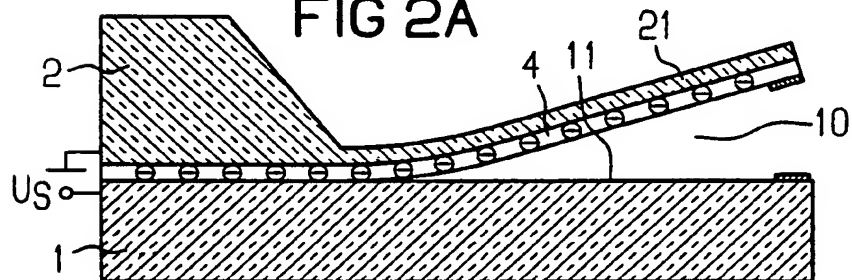
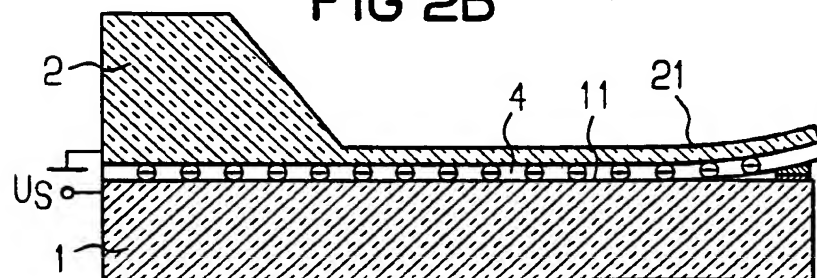


FIG 2B





2/9

FIG 3A

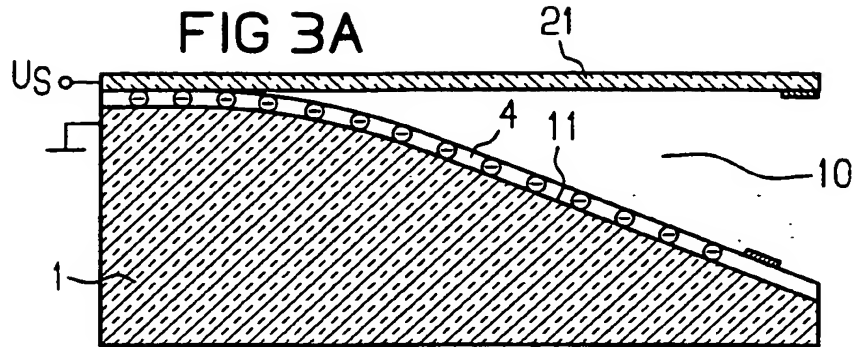


FIG 3B

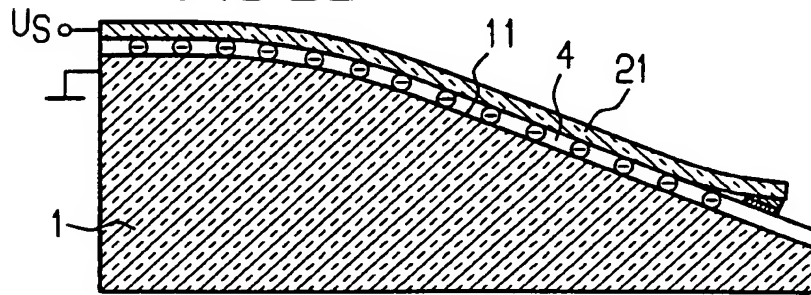


FIG 4A

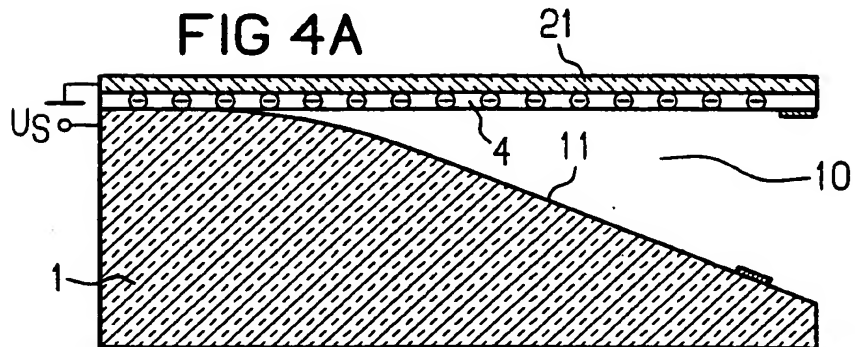
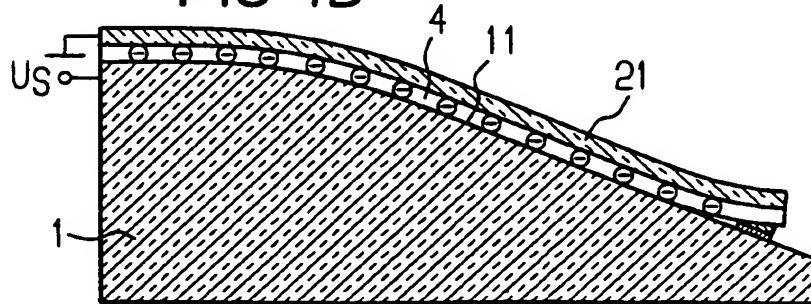


FIG 4B



3/9

FIG 5

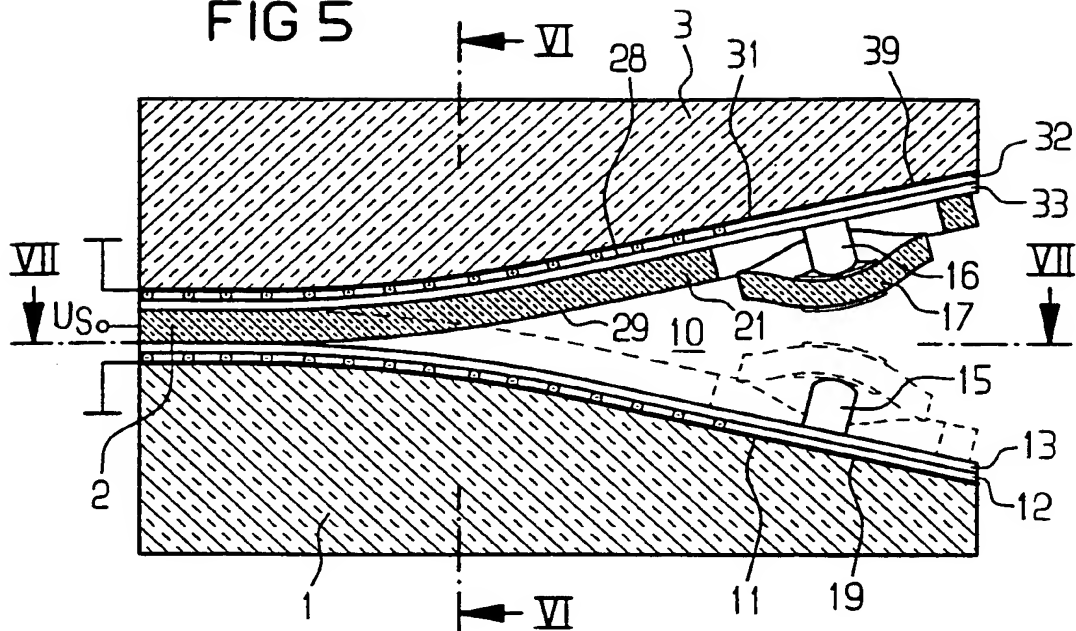
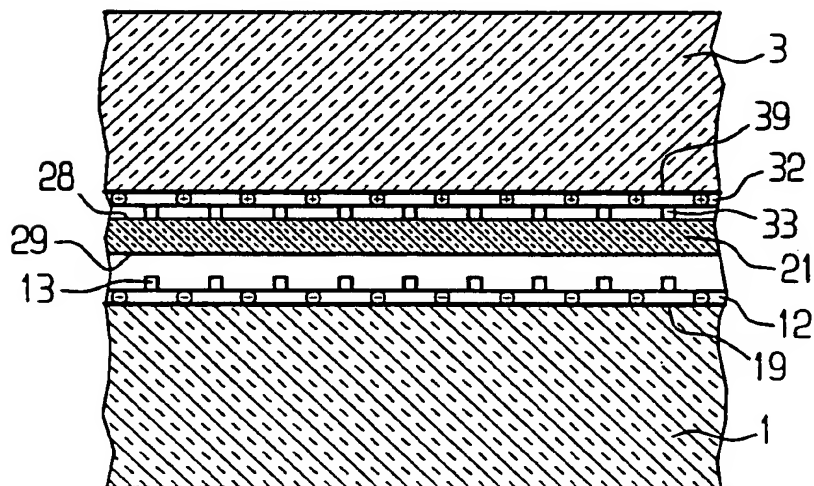


FIG 6



4/9

FIG 7

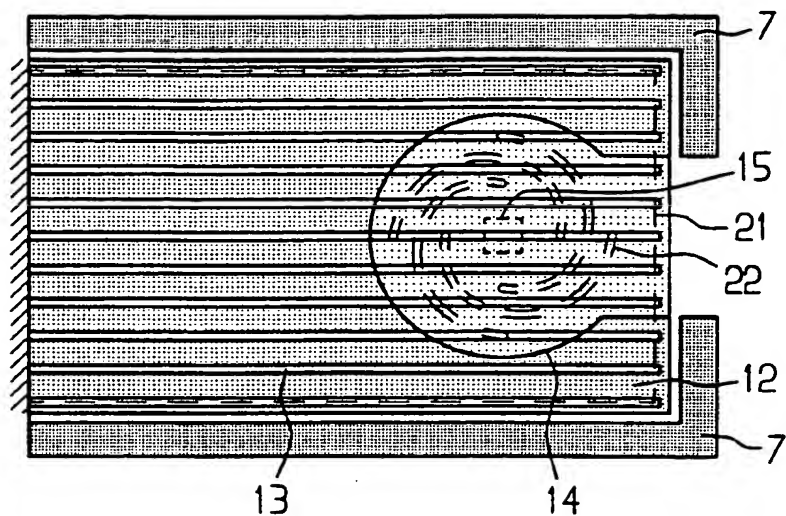


FIG 8

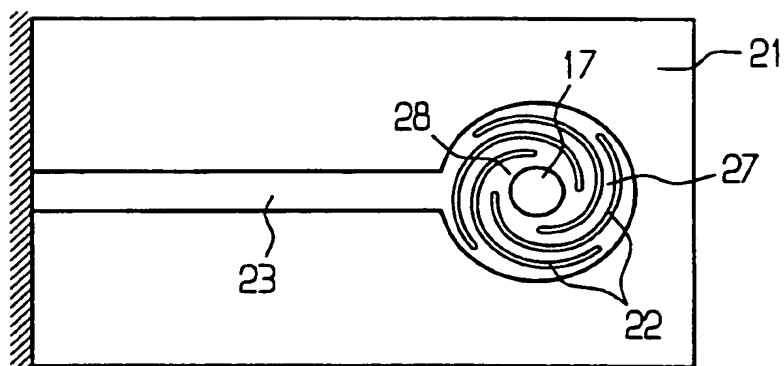


FIG 9

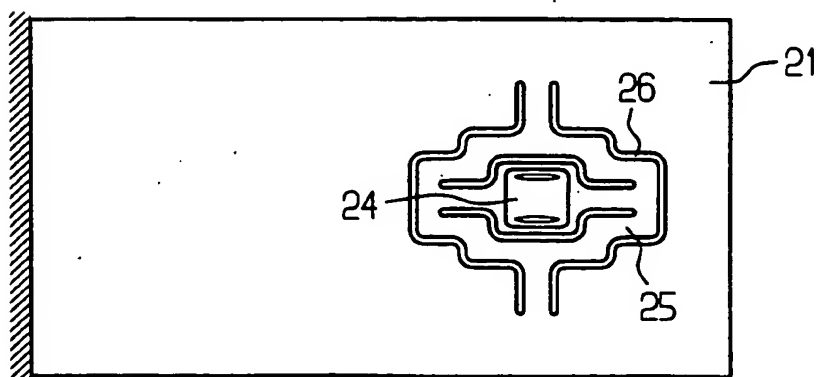


FIG 10A

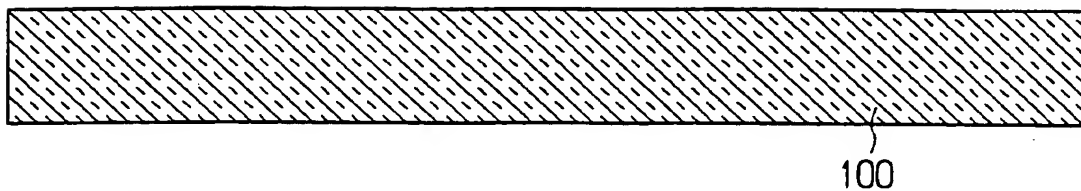


FIG 10B

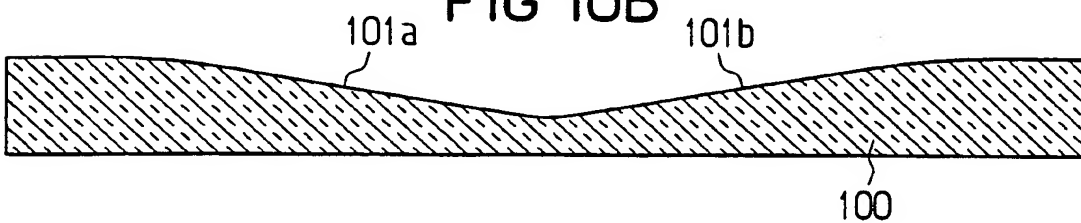


FIG 10C

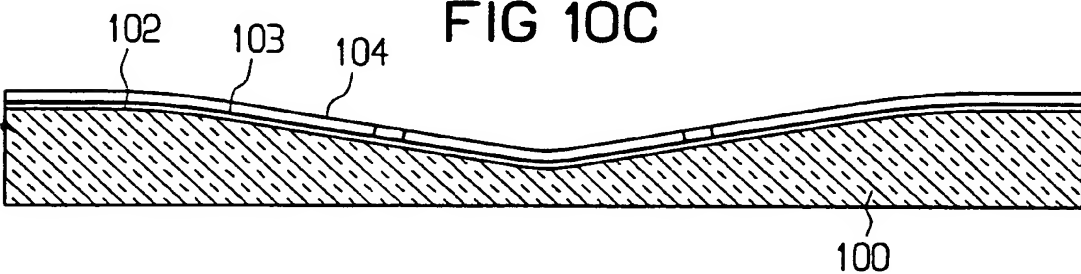
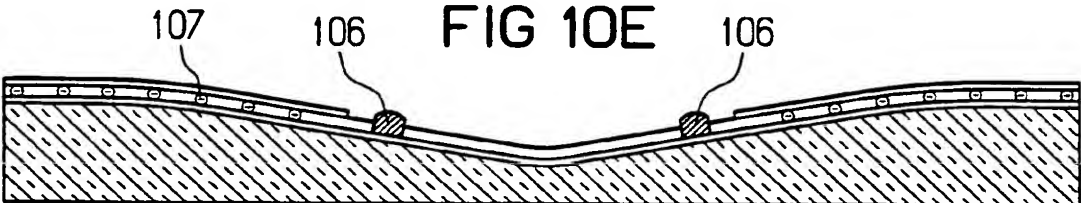


FIG 10D



FIG 10E



6/9

FIG 11 A

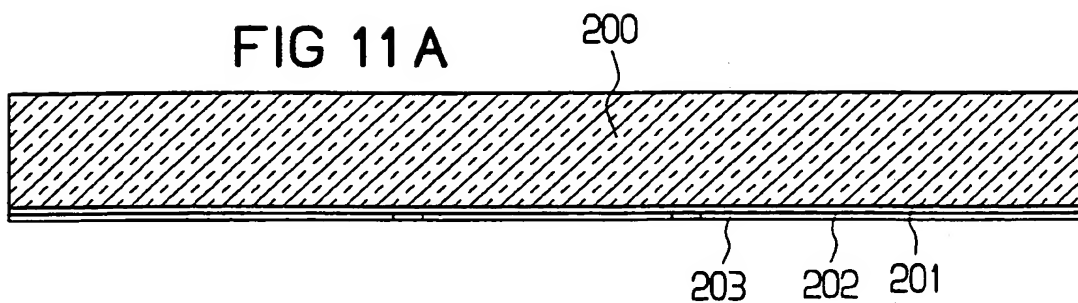


FIG 11 B

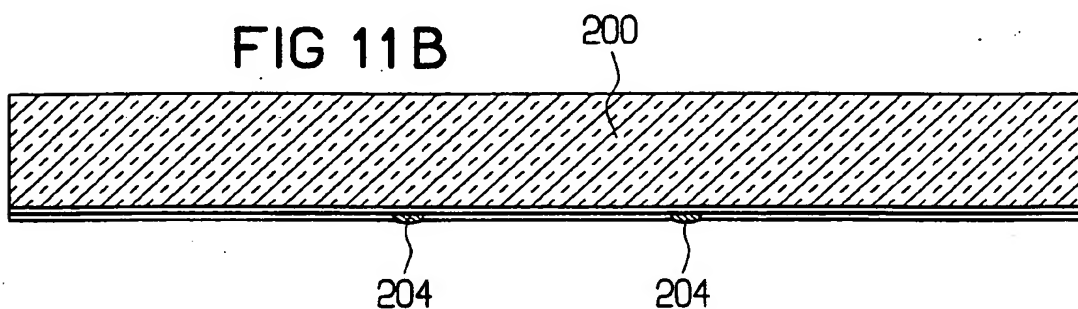


FIG 11 C

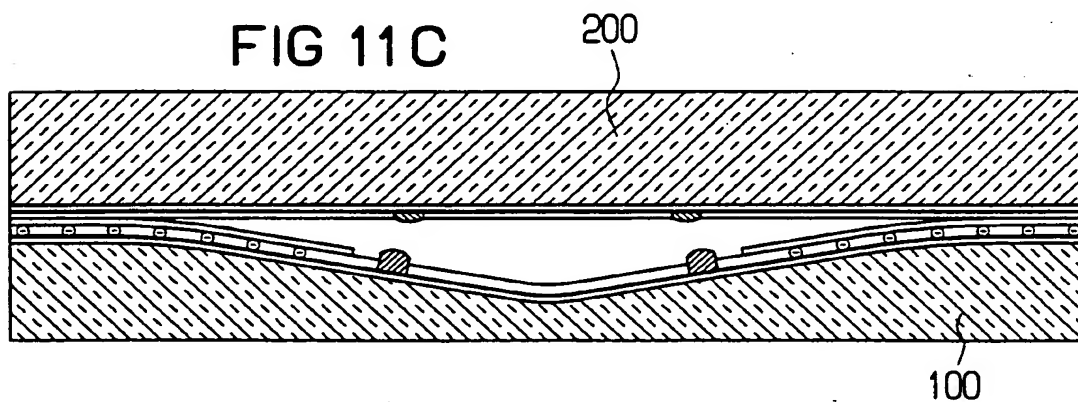
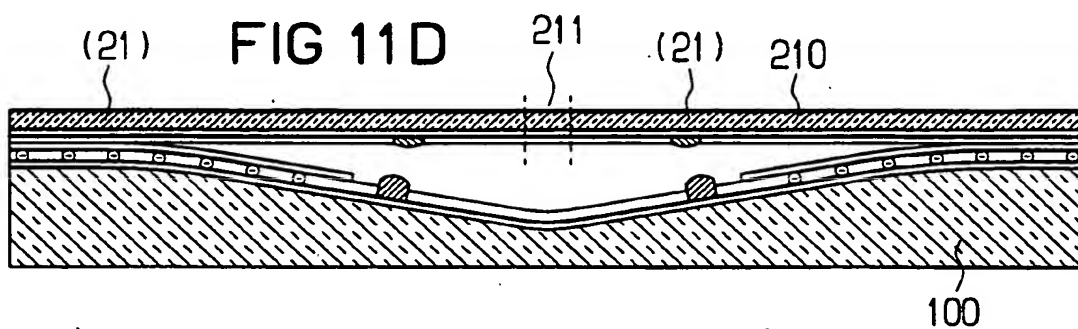


FIG 11 D



7/9

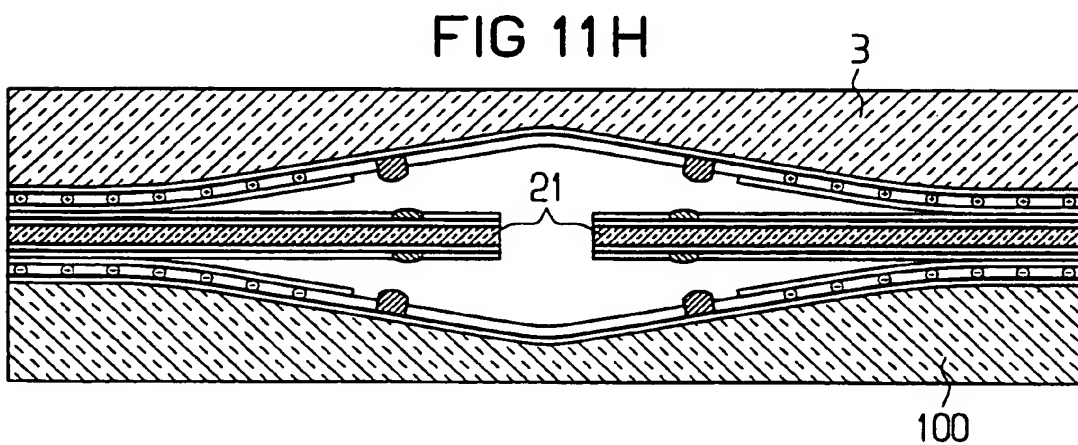
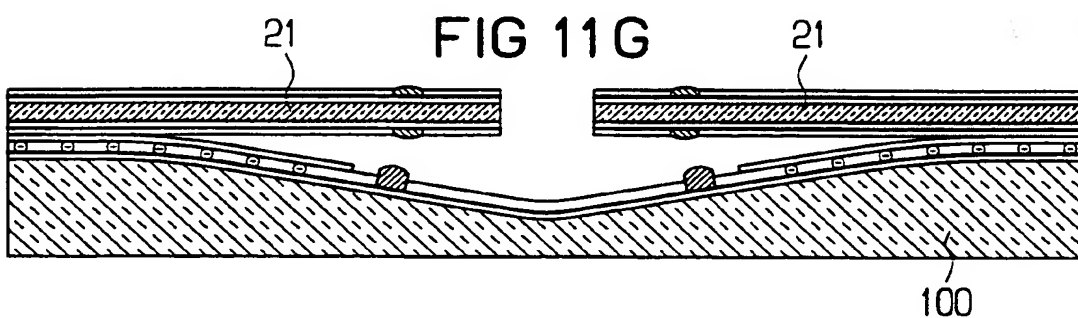
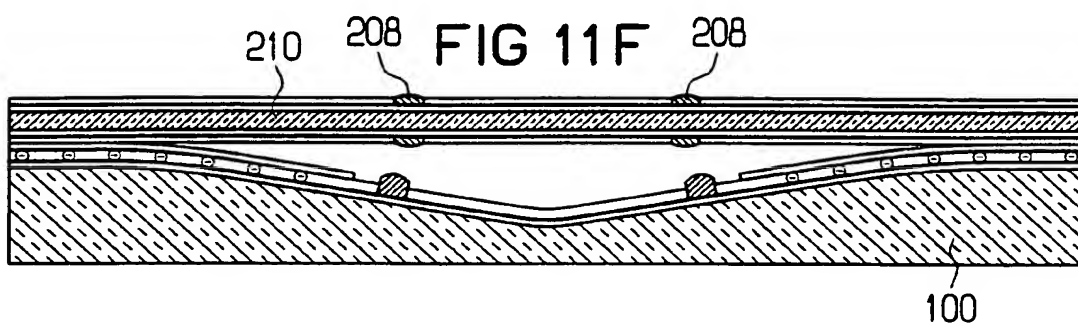
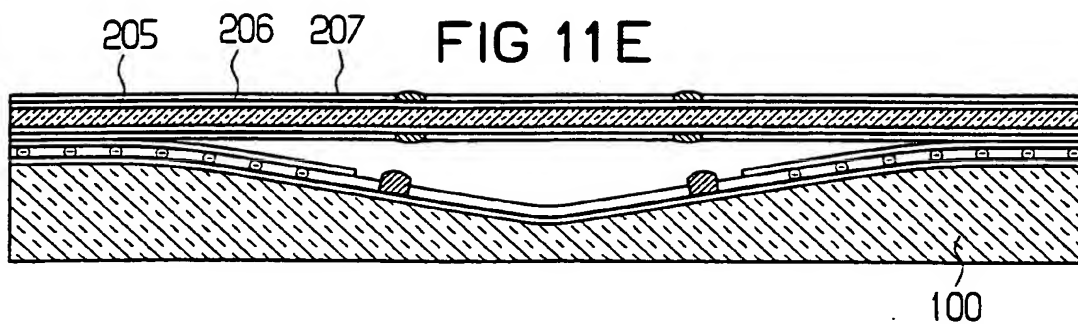
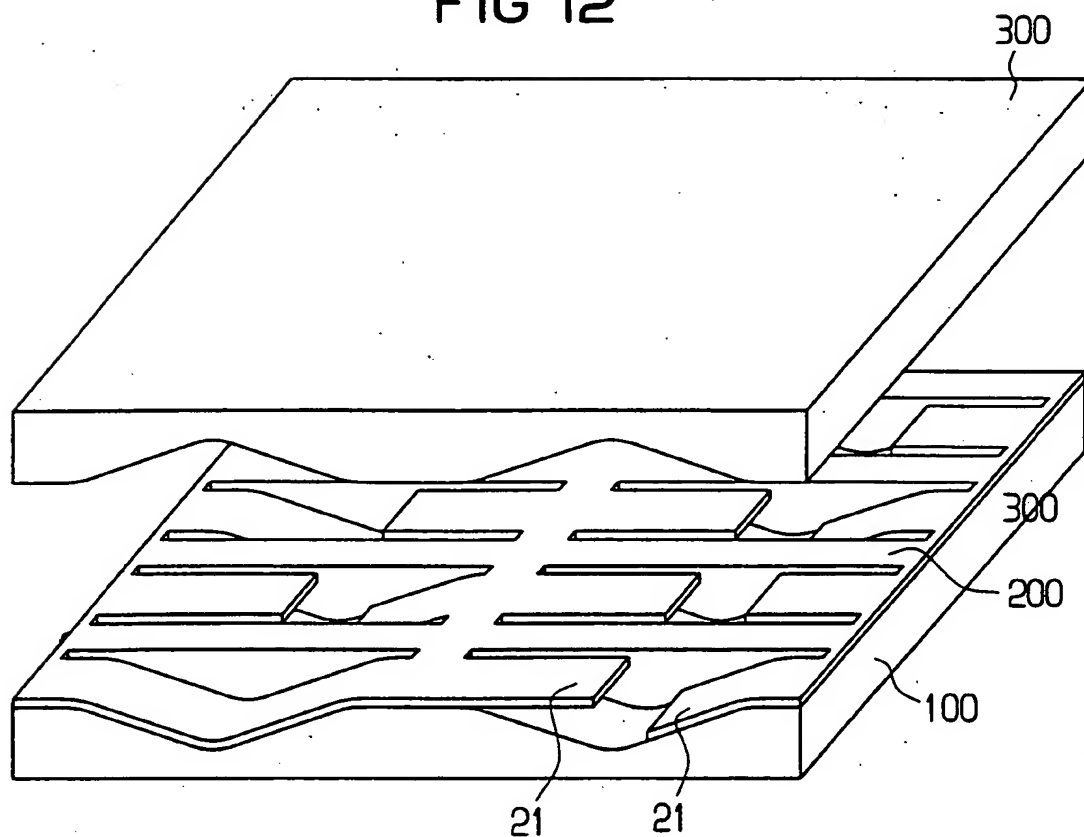


FIG 12



9/9

FIG 13

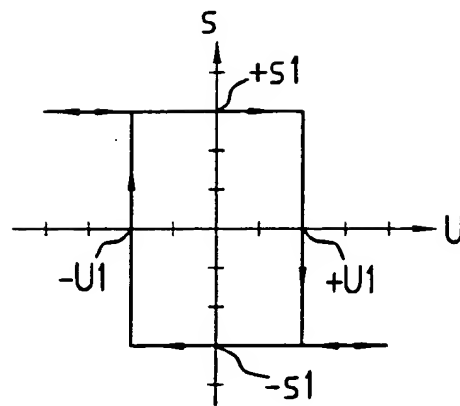


FIG 14

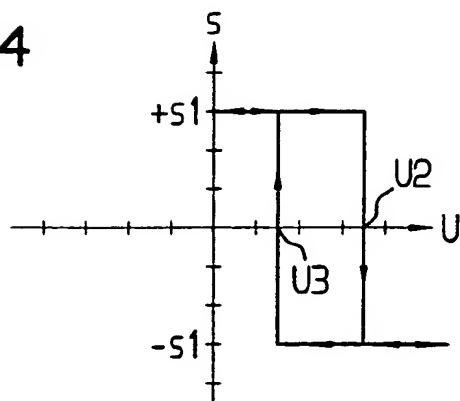
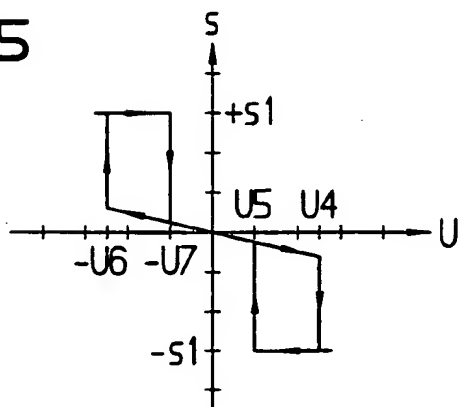


FIG 15





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 98/03766

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01H59/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 608 816 A (DIDIER PERINO ; LEWINER JACQUES (FR); MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 3 August 1994 see the whole document ---	1-4,6,7, 9-11,15, 16,21-23
Y	DE 42 05 029 C (SIEMENS AG) 11 February 1993 cited in the application see the whole document ---	1-4,6,7, 9-11,15, 16,21-23
A	EP 0 520 407 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD ; LEWINER JACQUES (FR); PERINO DIDER) 30 December 1992 see abstract & US 5 278 368 A cited in the application ---	1

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 1999

Date of mailing of the international search report

20/05/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Libberecht, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. .tional Application No  
PCT/DE 98/03766

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 44 37 259 C (SIEMENS AG) 19 October 1995 cited in the application see abstract ---	1
A	FR 2 706 075 A (DIDIER PERINO;LEWINER JACQUES) 9 December 1994 see abstract ---	1
A	FR 2 706 074 A (LEWINER JACQUES ;DIDIER PERINO) 9 December 1994 see abstract -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/03766

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0608816	A	03-08-1994	JP 6223698 A CA 2114159 A,C DE 69411201 D DE 69411201 T US 5544001 A	12-08-1994 27-07-1994 30-07-1998 29-10-1998 06-08-1996
DE 4205029	C	11-02-1993	DE 4327142 A	16-02-1995
EP 0520407	A	30-12-1992	JP 5002974 A JP 2761123 B JP 5002975 A JP 5002977 A JP 5002978 A CA 2072199 A,C DE 69212726 D DE 69212726 T US 5278368 A	08-01-1993 04-06-1998 08-01-1993 08-01-1993 08-01-1993 25-12-1992 19-09-1996 12-12-1996 11-01-1994
DE 4437259	C	19-10-1995	DE 59501367 D EP 0710971 A JP 8227646 A US 5673785 A	05-03-1998 08-05-1996 03-09-1996 07-10-1997
FR 2706075	A	09-12-1994	NONE	
FR 2706074	A	09-12-1994	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03766

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01H59/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 608 816 A (DIDIER PERINO ; LEWINER JACQUES (FR); MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 3. August 1994 siehe das ganze Dokument ---	1-4, 6, 7, 9-11, 15, 16, 21-23
Y	DE 42 05 029 C (SIEMENS AG) 11. Februar 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1-4, 6, 7, 9-11, 15, 16, 21-23
A	EP 0 520 407 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD ; LEWINER JACQUES (FR); PERINO DIDER) 30. Dezember 1992 siehe Zusammenfassung & US 5 278 368 A in der Anmeldung erwähnt ---	1
-/-		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgelöhnt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benützung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Mai 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/05/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P. B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Libberecht, L

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03766

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 37 259 C (SIEMENS AG) 19. Oktober 1995 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung ---	1
A	FR 2 706 075 A (DIDIER PERINO; LEWINER JACQUES) 9. Dezember 1994 siehe Zusammenfassung ---	1
A	FR 2 706 074 A (LEWINER JACQUES ; DIDIER PERINO) 9. Dezember 1994 siehe Zusammenfassung -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 98/03766

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0608816 A	03-08-1994	JP 6223698 A CA 2114159 A,C DE 69411201 D DE 69411201 T US 5544001 A	12-08-1994 27-07-1994 30-07-1998 29-10-1998 06-08-1996
DE 4205029 C	11-02-1993	DE 4327142 A	16-02-1995
EP 0520407 A	30-12-1992	JP 5002974 A JP 2761123 B JP 5002975 A JP 5002977 A JP 5002978 A CA 2072199 A,C DE 69212726 D DE 69212726 T US 5278368 A	08-01-1993 04-06-1998 08-01-1993 08-01-1993 08-01-1993 25-12-1992 19-09-1996 12-12-1996 11-01-1994
DE 4437259 C	19-10-1995	DE 59501367 D EP 0710971 A JP 8227646 A US 5673785 A	05-03-1998 08-05-1996 03-09-1996 07-10-1997
FR 2706075 A	09-12-1994	KEINE	
FR 2706074 A	09-12-1994	KEINE	